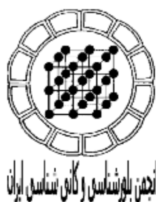
مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

مقاله پژوهشی

سال بیست و هشتم، شمارهٔ دوم، تابستان ۹۹، از صفحهٔ ۴۲۹ تا ۴۴۴



زمین شیمی، کانی‌سازی و دگرسانی مس پورفیری در منطقه گروه، ساردوئیه (استان کرمان) با نگرشی به نبود پهنه سوپرژن

سیده نرگس ساداتی*[1]، محمد جلالی خلیل آبادی[2]، محمد یزدی[2]، آیدا محبی[3]

۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳-سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

(دریافت مقاله: ۹۸/۳/۲۰، نسخه نهایی: ۹۸/۷/۲۹)

چکیده: منطقه اکتشافی گروه در ۱۹ کیلومتری شمال شرق شهر ساردوئیه در استان کرمان واقع است. واحدهای سنگ‌شناسی اصلی در این منطقه از قدیم به جدید عبارتند از واحدهای آتشفشانی ائوسن شامل آندزیت و آندزی بازالت و واحدهای نفوذی الیگومیوسن شامل دیوریت، کوارتز دیوریت و گرانودیوریت و واحدهای آذرآواری شامل توف و برش هستند. دگرسانی در منطقه گروه به دلیل نفوذ توده‌های نفوذی به درون سنگ‌های آتشفشانی از گسترش چشم‌گیری برخوردار است. دگرسانی‌های عمده منطقه پروپلیتی، فیلیک و تا حدودی پتاسیمی هستند. کانه‌های مس‌دار (کالکوپیریت و مالاکیت) در رخنمون کوچکی از واحد گرانودیوریت پورفیری در شمال شرقی منطقه دیده می‌شوند. بررسی‌های زمین شیمیایی و نمودارهای محیط زمین‌ساختی نشان داد که سری ماگمایی این سنگ‌ها در گستره آهکی قلیایی قرار دارد و متاآلومین تا پرآلومین ضعیف بوده و از گرانیتوئیدهای نوع I هستند. کانی‌سازی فقط در بخش درونزد دیده می‌شود و شواهد پهنه سوپرژن بسیار ضعیف است. حضور دگرسانی پتاسیمی در سطح و همچنین پستی و بلندی خشن ناحیه نشان دهنده بالاآمدگی و فرسایش شدید منطقه است که به احتمال بسیار باعث انتقال مس به مناطق پایین دست شده است.

واژه‌های کلیدی: *گروه؛ ساردوئیه؛ دگرسانی درونزد؛ دگرسانی سوپرژن؛ کانی‌سازی مس.*

مقدمه

نوار دهج – ساردوئیه که نهشته گروه در آن قرار دارد، بخشی از کمربند آتشفشانی- نفوذی ارومیه - دختر است (شکل ۱). در این کمربند، بیش از ۲۰۰ کانسار و نهشته معدنی شناخته شده است [۱-۳]. از مهم‌ترین کانسارها می‌توان به سرچشمه و میدوک اشاره کرد و از نهشته‌های معدنی موجود می‌توان به سرمشک، هنزا، بندر هنزا، سوراخ مار و گروه اشاره کرد [۴].

مهمترین و گسترده‌ترین واحدهای زمین‌شناسی این نوار را سنگ‌های آتشفشانی ائوسن پیشین- میانی (مجموعه بحر آسمان) و ائوسن میانی- پسین (مجموعه رازک) همراه با میان لایه‌های رسوبی و سنگ‌های آتشفشانی الیگوسن (مجموعه هزار) تشکیل می‌دهد [۵، ۶]. فعالیت‌های آذرین نفوذی با سطح جایگزینی ژرف که از ائوسن میانی در کمان ماگمایی آغاز شده بود با شدت بسیار در بیشتر نواحی کمان همراه با فعالیت‌های آتشفشانی ائوسن میانی - پایانی و الیگوسن میانی (مجموعه هزار) و حتی پس از خاموشی فعالیت آتشفشانی (الیگوسن میانی) تا پایان الیگوسن ادامه یافت. به این ترتیب، یک گستره خطی از توده آذرین نفوذی عمیق در نواحی جنوب شرقی تا مرکزی کمان ماگمایی شکل گرفت [۷، ۸]. با این نفوذی‌های متعدد و پیاپی، مجموعه آتشفشانی- رسوبی قدیمی‌تر دستخوش چین‌خوردگی، گسلش، تخریب و فرسایش شدند و در حوضه رسوبی الیگومیوسن، رسوب‌های

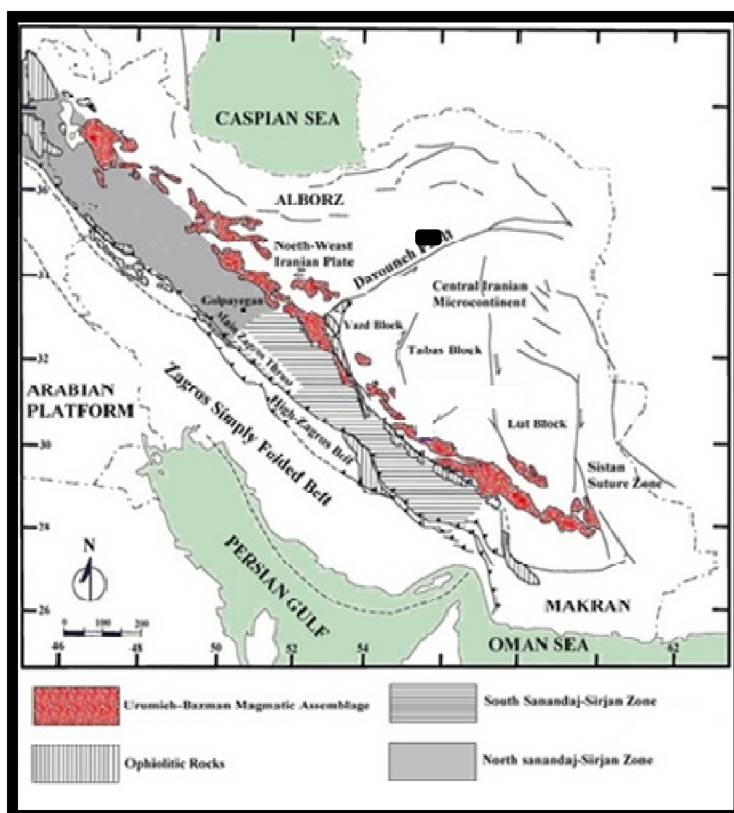
*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۷۹۸۷۲۸۸، نمابر: ۰۴۵۳۳۵۱۲۲۰۰، پست الکترونیکی: Sadati_sn@uma.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.17263689.1399.28.2.12.4]

[DOI: 10.29252/ijcm.28.2.429]

تشکیلات قرمز زیرین، تشکیلات قم و تشکیلات قرمز فوقانی بر جای گذاشته شده‌اند. پس از خروج این نواحی از آب و برقراری شرایط خشکی‌زایی از ابتدای میوسن، فعالیت گسترده آذرین نفوذی در کمان طی دوره میوسن میانی تا پایانی جای خود را به توده گرانیتوئیدی در اندازه استوک و کوچک‌تر داد. آنها تا سطوح کم عمق پوسته نفوذ کرده و بیشتر در بخش‌های مرکزی و شمال غربی کمان جایگزین شدند و به این ترتیب توده‌های گرانیتوئیدی کوه پنج را بدون حضور واحدهای مافیک در گستره کمان شکل دادند [۱، ۹]. در زمان میوسن میانی- پلیوسن، کمان ماگمایی به ویژه در بخش مرکزی تا شمال غرب با نفوذ گسترده توده‌های شبه آتشفشانی نوع دهج و فعالیت‌های بسیار محدود آتشفشانی نوع مزاحم و آج در چهره دو آتشفشان چینه‌ای و چند مخروط بیشتر با ترکیب آندزیت، داسیت، ریوداسیت و ریولیت اما بدون واحدهای مافیک را باعث شد [۱۰]. در مراحل پایانی تکامل کمان ماگمایی، بالازدگی کمان به ویژه در بخش‌های مرکزی تا شمال غربی و فرسایش مناطق بالا زده باعث بر جای ماندن رسوب‌های تخریبی ضخیم فلیش گونه بادبزنی شکل در زمان پلیوسن در جوار این بالازدگی شد [۱۱، ۱۲]. فعالیت آتشفشانی مافیک قلیایی وابسته به پلیو - کواترنر آخرین نمودهای فعالیت‌های آتشفشانی در کمان ماگمایی کرمان بودند که به صورت بسیار محدود در برخی از نواحی کمان ماگمایی رخ داده‌اند [۶].

نهشته معدنی گروه در شیب‌های شرقی کوه هنزا و حدود ۸ کیلومتری روستای گروه قرار دارد. توده دیوریتی بزرگی در منطقه‌ای به مساحت ۳ کیلومترمربع در سنگ‌های آتشفشانی و آذراواری نفوذ کرده است و همه به وسیله‌ی تعداد بسیاری دایک میکرودیوریتی قطع شده‌اند. یک پهنه دگرسانی گرمابی با مساحت ۸۰۰ در ۷۰۰ متر مربع در توده نفوذی گسترش یافته است. سیلیسی شدن به طور گسترده دیده می‌شود، آرژیلی شدن در جنوب شرق منطقه و اپیدوتی شدن در سراسر منطقه وجود دارد. یک پهنه گسله به طول ۱۰ کیلومتر از درون توده تا درون سنگ‌های آتشفشانی به سمت شرق گسترش یافته است که در آن مالاکیت و کالکوپیریت به طور موضعی یافت می‌شود [۴]. هدف از این پژوهش بررسی عوامل کنترل کننده‌ی تشکیل و تعیین نوع کانه‌زایی مس در این نهشته است و افزون بر بررسی زمین‌شناسی، به شناسایی هاله‌های دگرسانی و تشریح کانی‌شناسی نوع‌های مختلف دگرسانی گرمابی و شیوه کانی‌سازی در توده پورفیری پرداخته می‌شود.



شکل ۱ جایگاه جغرافیایی منطقه مورد بررسی در پهنه ارومیه دختر در جنوب شرق ایران بر نقشه ساختاری ایران.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1399.28.2.12.4]
[DOI: 10.29252/ijcm.28.2.429]

روش بررسی

برای تفکیک واحدهای زمین‌شناسی، پهنه‌های دگرسانی و شناسایی واحدهای زمین‌شناسی مولد کانه‌زایی، نمونه‌برداری از مناطق دگرسانی موجود در منطقه به روش خرده سنگی انجام شد و تعداد ۱۴ مقطع نازک از سنگ‌های منطقه و ۵ مقطع صیقلی از کانه‌های فلزدار تهیه گردید، همچنین تعداد ۳۸ مقطع نازک از چهار گمانه حفاری توسط شرکت ملی صنایع مس ایران تهیه شد و برای شناسایی پهنه‌های دگرسانی و تشخیص کانی‌های فلزی به وسیله میکروسکوپ نوری بازتابی بررسی گردید. سپس، تعداد ۷ نمونه با کمترین دگرسانی و هوازدگی، برای بررسی‌های زمین‌شیمیایی انتخاب شدند. این نمونه‌ها از واحدهای آتش فشانی (۴ نمونه) و واحدهای نفوذی (۳ نمونه) برداشت شدند. عناصر اصلی نمونه‌ها با طیف‌سنج فلئورسانس پرتوی X (XRF) و عناصر کمیاب نمونه‌ها با طیف‌سنج جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) در شرکت ملی صنایع مس ایران (مجتمع مس سرچشمه) تجزیه شدند (جدول‌های ۱-۴).

جدول۱ نتایج تجزیه زمین شیمیایی اکسیدهای اصلی در منطقه گروه (عیار عناصر به صورت درصد گزارش شده است).

Sample.No	LOI	SO_3	Cl	P_2O_5	MnO	TiO_2	MgO	Cr_2O_3	SrO	K_2O	Na_2O	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2
ZGNF.4	۰٫۱	۰	۰٫۰۱	۰٫۲	۰	۰٫۶	۲٫۱	۰٫۰۲	۰	۱٫۴	۴٫۶	۵	۵٫۲	۱۶٫۶	۶۳٫۷
ZGNF.6	۰٫۱	۰	۰٫۰۵	۰٫۲	۰٫۱	۰٫۹	۳٫۹	۰٫۰۷	۰	۰٫۷	۳٫۴	۷٫۹	۹٫۷	۱۷٫۴	۵۴٫۹
ZGNF.8	۰٫۱	۰	۰٫۰۴	۰٫۲	۰٫۲	۰٫۹	۴٫۳	۰٫۰۱	۰	۱٫۱	۳	۷	۸٫۹	۱۶٫۴	۵۷٫۲
ZGNF.24	۲٫۳	۰٫۱	۰	۰٫۱	۰٫۲	۰٫۴۵	۲٫۱	۰	۰٫۱	۲٫۱	۳٫۲۰	۴٫۵	۵٫۶	۱۶٫۱	۶۳٫۶
ZGNF.33	۱٫۶	۰٫۱	۰	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۷	۲٫۸	۰	۰٫۱	۱٫۲	۳٫۵	۵٫۶	۷٫۹	۱۶٫۵	۵۹٫۵
ZGNF.38	۲	۰	۰	۰٫۲	۰٫۱	۱٫۳	۲٫۴	۰	۰	۱٫۳	۳٫۵	۴٫۱	۱۳٫۵	۱۵٫۳	۵۶٫۶
ZGNF.58	۰٫۶	۰	۰	۰٫۱	۰	۰٫۳	۰٫۷	۰	۰	۲٫۳	۴	۲٫۶	۲٫۷	۱۴٫۷	۷۲٫۳

جدول۲ نتایج واحدهای سنگی منطقه گروه تجزیه به روش ICP-MS.

Sample.NO	Rock Unit	Au	Cu	Mo	Bi	As	Sb	Pb	Zn
		(ppb)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
ZGNF.10	Volcanic	۱	۳۵	۳٫۶	۰٫۴۱	۷٫۳	۱٫۴	۵	۱۱
ZGNF.27	Volcanic	۱	۳۳	۲٫۲	۰٫۲۲	۴٫۲	۰٫۵	۲۵	۳۱
ZGNF.35	Volcanic	۱	۱۰	۳٫۷	۰٫۶۲	۰٫۵	۰٫۵	۳۷	۱۱
ZGNF.40	Volcanic	۱	۲۶	۴٫۸	۰٫۳۵	۱۶٫۹	۱	۷	۱۲
ZGNF.42	Volcanic	۱	۹۰	۶٫۴	۰٫۴۵	۳٫۶	۰٫۵	۷	۲۵
ZGNF.49	Volcanic	۱	۳۰	۱٫۹	۰٫۳۵	۶٫۸	۱٫۳	۶	۱۰
ZGNF.51	Volcanic	۱	۶۴	۱٫۸	۰٫۵۷	۱٫۸	۱٫۱	۱۲	۵۵
ZGNF.55	Volcanic	۱	۳۳	۴٫۸	۰٫۲۶	۶٫۶	۱	۷	۱۳۰
ZGNF.30	Volcanic	۳	۱۵۵۹۶	۷	۰٫۲۸	۱۰٫۱	۱٫۶	۲۷	۵۰۶
ZGNF.17	Plutonic	۱۰	۴۷۷۹	۱۴٫۱	۰٫۲۳	۰٫۷	۰٫۵	۱	۲۹۰

جدول ۳ ویژگی‌ها و نتایج تجزیه زمین‌شیمیایی چهار گمانه‌حفاری منطقه گروه (آهن و مس بر حسب درصد و مولیبدن، سرب و روی برحسب ppm).

گمانه	عمق	سنگ درونگیر	بافت	دگرسانی	زون	MAX Cu	MID Cu	MAX Fe	MID Fe	MAX Mo	MID Mo	MAX Pb	MID Pb	MAX Zn	MID Zn
GOH.1	۵۶-۲۸	دیوریت	پورفیری	پتاسیک/ پروپیلی‌تیک	هیپوژن	۰٫۲	۰٫۰۴	۸٫۷	۴٫۹	۷۸	۴٫۵	۱۵۱۸	۴۸٫۴	۱۱۷۱	۱۴۰٫۱
GOH.2	-۳۱۸ ۳۲۰	دیوریت	پورفیری	پتاسیک/ فیلیک	هیپوژن	۰٫۵۵	۰٫۰۷	۸٫۵	۵٫۲	۳۶۴٫۶	۱۵٫۷	۱۹۳	۱۶٫۳	۱۳۰۲	۱۳۰٫۶
GOH.3	-۲۵۶ ۲۵۸	گرانودیوریت	پورفیری	پتاسیک/ پروپیلی‌تیک	هیپوژن	۰٫۲۲	۰٫۰۸	۸٫۳	۴٫۷	۲۵۰٫۱	۱۵٫۱	–	–	۱۲۵۴	۱۱۲٫۸
GOH.4	-۱۴۶ ۱۴۸	گرانودیوریت	پورفیری	پتاسیک/ پروپیلی‌تیک	هیپوژن	۱٫۲	۰٫۱۳	۱۷٫۲	۷٫۳	۸۳۴٫۴	۲۰٫۷	–	–	–	–

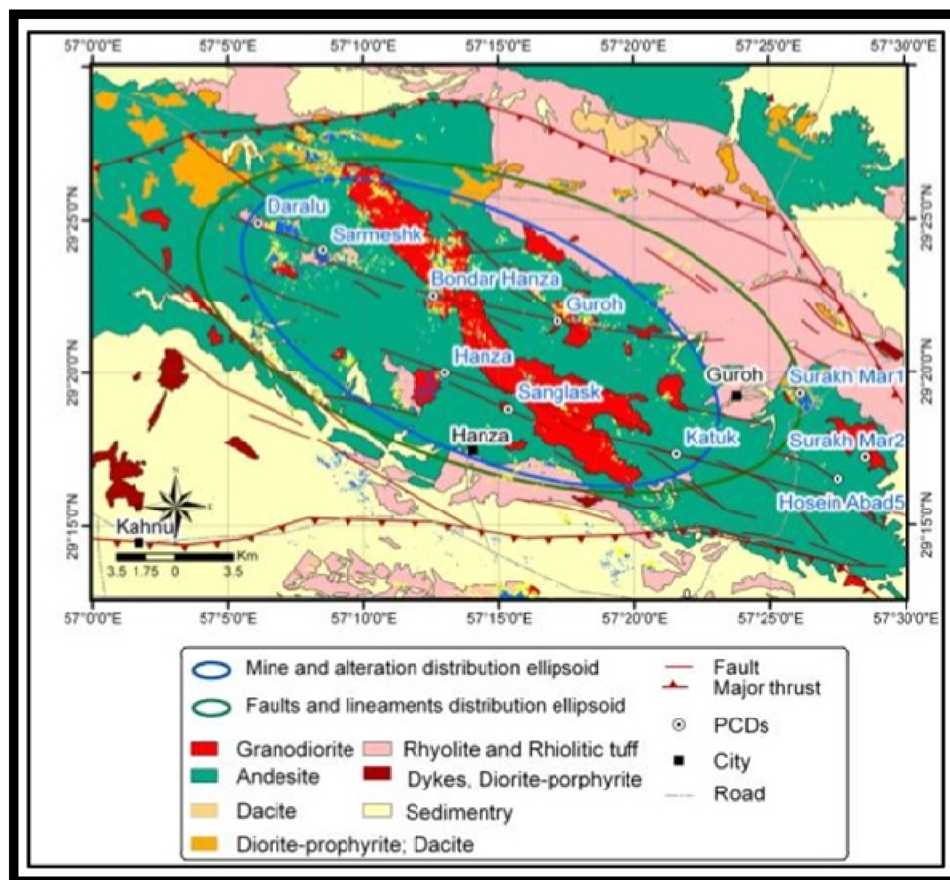
جدول۴ ویژگی‌های گمانه‌های GOH.1,GOH.2, GOH.3,GOH.4

دگرسانی	دگرسانی	بافت	سنگ درونگیر	عمق	نمونه	گمانه
پروپلیتی	پتاسیمی	پورفیری	دیوریت	۱۴- ۲۷۲٫۲	۱-۶	GOH.1
پروپلیتی	پتاسیمی	گرانودیوریت	گرانودیوریت	۲۹۶-۳۵۸٫۵	۷-۸	
پروپلیتی	پتاسیمی	پورفیری	دیوریت	۴۲۲٫۸	۹	
پروپلیتی	پتاسیمی	گرانودیوریت	گرانودیوریت	۴۸۸	۱۰	
فیلیک-آرژیلیک	پتاسیمی- فیلیک	پورفیری	دیوریت	۲۴-۹۹٫۹	۱-۳	GOH.2
پورفیری	پتاسیمی	گرانودیوریت	کوارتزدیوریت	۱۹۸	۴	
فیلیک	پتاسیمی- فیلیک	پورفیری	دیوریت	۲۲۷-۲۵۳٫۴	۵-۶	
	پتاسیمی- فیلیک	گرانودیوریت	گرانودیوریت	۳۰۶٫۹-۳۶۵	۷-۸	
	پتاسیمی- فیلیک	پورفیری	دیوریت	۴۲۳-۴۷۸	۹-۱۰	
	پتاسیمی	گرانودیوریت	گرانودیوریت	۴۹۱٫۹	۱۱	
فیلیک	پتاسیمی	پورفیری	دیوریت	۹٫۵	۱	GOH.3
فیلیک	پتاسیمی	گرانودیوریت	گرانودیوریت	۸۹٫۵-۲۵۴٫۵	۲-۶	
فیلیک	پتاسیمی	گرانودیوریت	گرانودیوریت	۲۷۸٫۵-۵۰۲٫۷	۷-۱۱	
فیلیک	پتاسیمی	پورفیری	دیوریت	۱۱٫۵	۱	GOH.4
فیلیک	پتاسیمی	گرانودیوریت	گرانودیوریت	۱۲۹	۲	
فیلیک	پتاسیمی	پورفیری	دیوریت	۱۹۱	۳	
فیلیک	پتاسیمی	گرانودیوریت	گرانودیوریت	۲۷۹-۴۹۸٫۵	۴-۶	

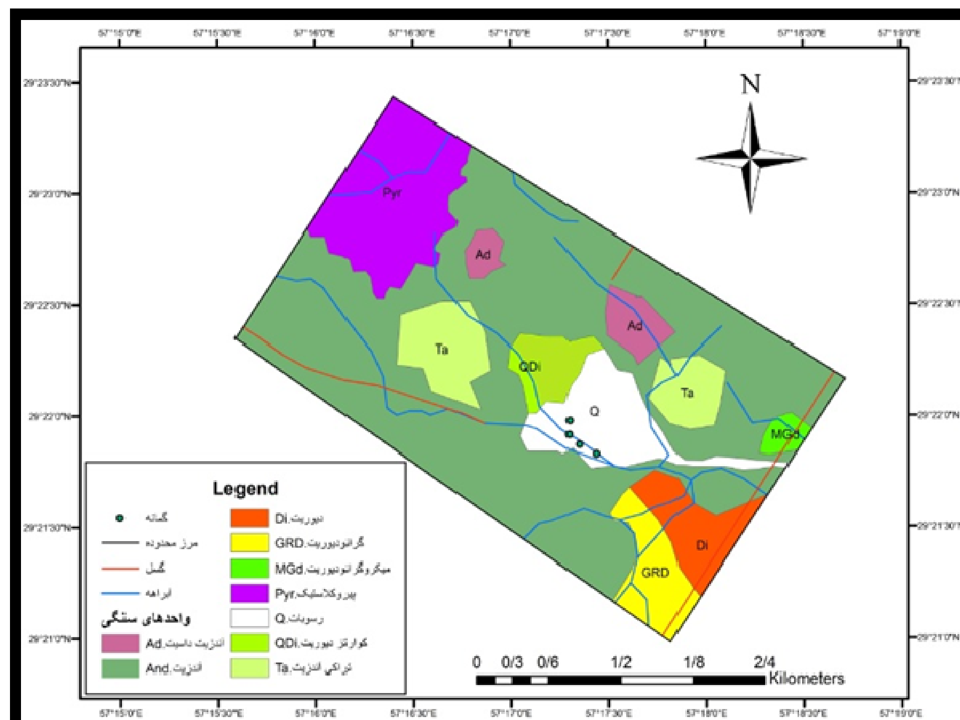
جایگاه زمین‌شناسی

منطقه اکتشافی گروه از نظر تقسیم‌های کشوری در استان کرمان واقع است (شکل ۱). نزدیک‌ترین شهر به منطقه مورد بررسی ساردوئیه است که در ۱۹ کیلومتری جنوب غرب منطقه قرار دارد. فاصله نهشته معدنی گروه تا مرکز استان حدود ۹۵ کیلومتر است. نهشته گروه در ۹ کیلومتری روستای گروه قرار دارد (شکل ۲). این نهشته معدنی در گستره ۱٫۲۵۰۰۰۰ زمین-شناسی بم و در گستره ۱٫۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی ساردوئیه واقع است. این منطقه از نظر جایگاه زمین‌ساختی در پهنه ایران مرکزی، کمربند ارومیه - دختر، نوار دهج – ساردوئیه و در راستای کوه‌های درب بهشت و هنزا قرار دارد. از نظر زمین-ساختی، این منطقه نیز مانند سایر بخش‌های کمربند ارومیه - دختر فعال بوده و عملکرد گسل‌ها و شکستگی‌ها در واحدهای سنگی منطقه مورد بررسی آشکارا مشهود است.

منطقه گروه بر اساس تقسیم‌های ایالت‌ها و مناطق فلززایی معدنی ایران در کمربند فلز- زایی کرمان (پهنه اکتشافی جبال بارز) قرار دارد. در منطقه، گروه واحدهای سنگی اصلی شامل سنگ‌های آذرین خروجی، درونی و آذرآواری است. رخنمون واحدهای سنگی در این منطقه متوسط است و با حرکت از مرکز منطقه به طرف شمال غرب، جنوب شرق و شرق منطقه بر میزان رخنمون‌های سنگی در مقایسه با واحدهای پوشیده افزوده می‌شود (شکل ۳). بر اساس نقشه‌های زمین‌شناسی موجود، سن واحدهای آتشفشانی - آذرآواری در این منطقه ائوسن است. این واحدها قدیمی‌ترین واحدهای سنگی منطقه هستند. مجموعه سنگ‌های این واحد به صورت هاله‌ای تقریبا پیوسته پیرامون واحدهای نفوذی جوان‌تر منطقه قرار دارند. در بخش مرکزی این منطقه، به دلیل عملکرد فرایندهای دگرسانی و فرسایش بخش عمده‌ای از واحدهای سنگی توسط پوشش سطحی خاک و واریزه‌های خود واحد پوشیده شده‌اند. ریختار واحدهای آتشفشانی - آذرآواری خشن و صخره‌ای است، در حالی که واحدهای نفوذی ریختار به نسبت ملایم‌تری دارند و به صورت گنبدهای ملایم دیده می‌شوند (شکل ۴).



شکل۲ نقشه زمین شناسی کوه هنزا که منطقه گروه در آن واقع است.



شکل۳ نقشه ساده زمین شناسی نهشته مس پورفیری گروه



شکل ۴ الف: ریختار صخره‌ای واحدهای آتش فشانی در کنار ریختار تپه ماهوری تا نیمه صخره‌ای واحدهای نفوذی، ب و پ: واحدهای آتش فشانی جوان‌تر منطقه که به صورت دایک نمایان شده‌اند.

ترکیب سنگ‌شناسی مجموعه آتشفشانی شامل آندزیت و آندزی بازالت، آندزی تراکیت، داسیت، توف و برش است (شکل‌های ۵ الف، ث). واحدهای نفوذی با سن زمین‌شناسی جوانتر و به احتمال بسیار الیگومیوسن در این واحدهای آتشفشانی تزریق شده‌اند. از نظر ترکیب، سنگ‌های این مجموعه شامل دیوریت، کوارتز دیوریت، گرانودیوریت و میکروگرانودیوریت هستند (شکل‌های ۵ ح و خ). واحدهای کواترنری به صورت پادگانه‌های آبرفتی و رسوب‌های عهد حاضر رودخانه‌ای هستند و بیشتر در راستای رودخانه اصلی منطقه و موازی آن کشیده شده‌اند. در این منطقه، رخنمون سنگ‌های آتشفشانی نسبت به سنگ‌های درونی بیشتر است و همچنین سنگ‌های آذرآواری گسترش خوبی در منطقه دارند. چنان که بیشتر بیان شد، این منطقه یک منطقه کاملا کوهستانی است که می‌توان آن را به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم کرد. در بخش شمالی منطقه، تنها در یک ناحیه بسیار کوچک در شمال شرقی که در آنجا کانی‌سازی رخ داده است، شاهد حضور واحدهای نفوذی هستیم و در بقیه مناطق شمالی، واحدهای آتشفشانی رخنمون دارند. در بخش جنوب منطقه، سنگ‌های درونی و در بقیه مناطق جنوبی سنگ‌های آتشفشانی رخنمون دارند.

بحث و بررسی

زمین شیمی عناصر اصلی

از داده‌های اکسیدهای اصلی سنگ (جدول ۱)، برای نام گذاری سنگ، تعیین سری ماگمایی، تعیین نوع گرانیتوئید و اندازه‌گیری اشباع‌شدگی آلومینیوم واحدهای سنگی منطقه گروه استفاده شد.

رده‌بندی سنگ‌های آتشفشانی منطقه گروه، بر پایه نمودار مجموع قلیایی‌ها ($Na_2O + K_2O$) نسبت به SiO_2 (TAS) انجام شد. بر اساس این نمودار (شکل ۶ الف)، نمونه‌های منطقه در گستره‌های داسیت، آندزیت و آندزیت بازالت قرار دارند. برای رده‌بندی سنگ‌های نفوذی، نمودار [۱۳] استفاده شد. بر این اساس، نمونه‌های منطقه در گستره‌های گرانودیوریت، کوارتز دیوریت و تونالیت قرار دارند (شکل ۶ ب).

برای تعیین سری ماگمایی از نمودار [۱۴] استفاده شد. در نمودار قلیایی‌ها نسبت به سیلیس، همه نمونه‌ها در گستره نیمه قلیایی قرار دارند (شکل ۶ پ). در نمودار AFM، همه نمونه‌های برداشت شده جز یک نمونه که به علت بالا بودن درصد Fe_2O_3 در گستره تولئیتی قرار گرفت، آهکی قلیایی بودند (شکل ۵ ت). بر اساس نمودار چاپ و وایت [۱۵] گرانیتوئیدهای این ناحیه از نوع I هستند (شکل ۵ ث). در نمودار مانیار و پیکولی [۱۶] که نمونه‌ها از نظر شاخص اشباع بودن از آلومینیم بررسی شده‌اند، نمونه‌های NF.6 ,NF.4 متاآلومین و نمونه NF.58 پر آلومین ضعیف هستند (شکل ۶ ج).

زمین شیمی عناصر کمیاب در سنگ میزبان

نتایج زمین شیمی این پهنه‌های شامل کانی‌سازی از ۱۰ نمونه سنگی برداشت شده در جدول ۲ آورده شده است، چنان که دیده می‌شود، مقادیر عناصر کمیاب و به ویژه مس در واحدهای

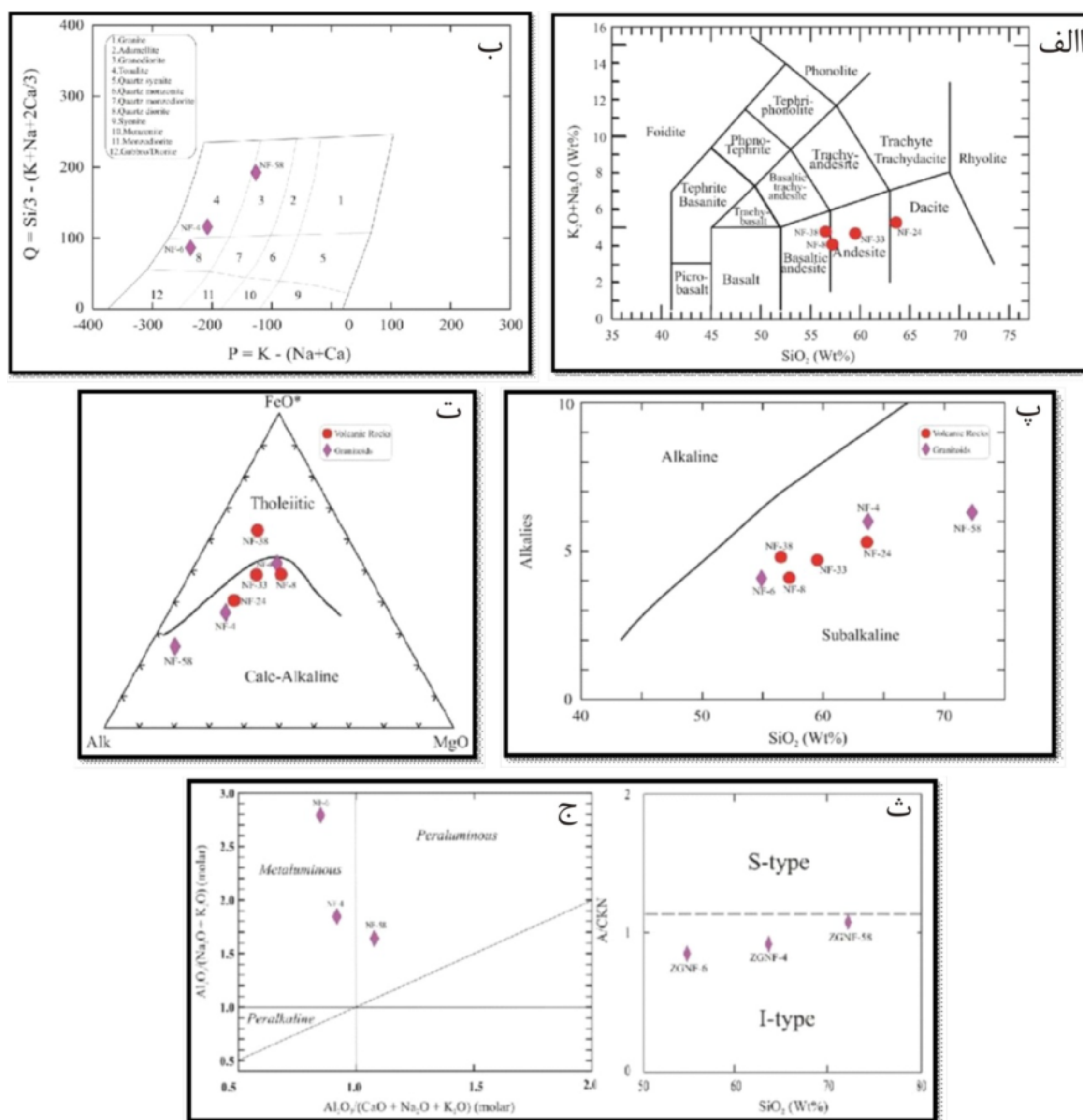
[DOR: 20.1001.1.17263689.1399.28.2.12.4]
[DOI: 10.29252/ijcm.28.2.429]

آتشفشانی از اهمیت چندانی برخوردار نیست و میانگین مس و سایر عناصر کمیاب در نمونه‌های برداشت شده از این واحدها بسیار پایین است (جدول ۲). نمونه دیگر از کانی‌سازی در دایک‌های آتشفشانی جوان رخ داده است (نمونه ZGNF.30)، کانی‌سازی در این نمونه نیز با وجود بالا بودن نسبی عیار مس (۱۵۵۹۶ppm) از اهمیت چندانی برخوردار نیست (جدول ۲)؛ زیرا سازوکار این کانی‌سازی به صورت اولیه و ناشی از بالا بودن مقدار مس در ماگمای اولیه است. رخنمون واحد (میکرو) گرانودیوریت پورفیری به صورت استوک کوچک و در بخش کوچکی از انتهای شمال شرق منطقه گروه است. گسترش دگرسانی و زمین ساخته بودن این واحد نیز از شدت چشم-گیری برخوردار است، به طوری که تشخیص نوع سنگ در مقطع نازک را نیز دچار مشکل کرده است. در نمونه ZGNF.17 که از این واحد برداشته شده است، عنصر مس غنی‌شدگی نسبی (۴۷۷۹ ppm) نشان می‌دهد (جدول ۲).



شکل۵ نمایی از رخنمون واحدهای آذرین در مقیاس مشاهدات صحرایی: الف: آندزیت، ب) تراکی آندزیت، پ) داسیت، ت) برش، ث) نمونه دستی توف، ج) دیوریت، چ) کوارتز دیوریت، ح) گرانودیوریت و خ) میکرو گرانودیوریت.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1399.28.2.12.4]
[DOI: 10.29252/ijcm.28.2.429]



شکل۶ الف) نمودار مجموع قلیایی نسبت به سیلیس (TAS)، ب) نمودار نامگذاری شیمیایی سنگ‌های درونی [۱۳]، پ) نمودار SiO_2 نسبت به (Na_2O+K_2O) [۱۴]، ت) نمودار جدا کننده سری تولئیتی از سری آهکی قلیایی، ث) نمودار پیشنهادی [۱۵]، ج) نمودار [۱۶] که براساس آن گرانیتوئید های منطقه در گستره I قرار دارند.

زمین‌شیمی عناصر کمیاب در گمانه‌های حفاری پهنه‌های کانی‌سازی

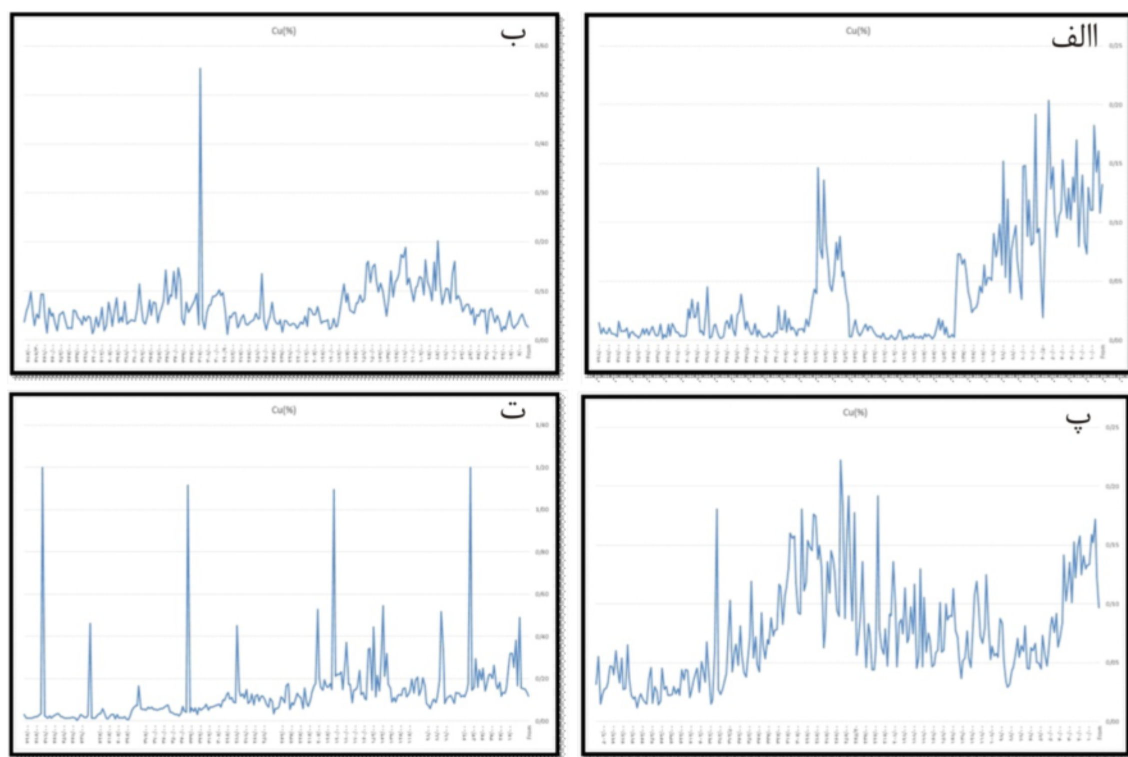
در منطقه گروه، چهار گمانه به طول کلی ۲۰۰۷ متر توسط شرکت ملی صنایع مس ایران حفاری شده است که بر اساس داده‌های آنها (لاگ‌ها) کانه‌زایی در عمق بررسی شد. خلاصه نتایج تجزیه زمین‌شیمیایی در منطقه گروه برای ۵ عنصر آهن، مس، مولیبدن، سرب و روی نیز در جدول ۳ آورده شده است. بر این اساس، بیشترین مقدار مس اندازه‌گیری شده برابر با ۱٫۲ درصد در گمانه GOH.4 و بیشترین مقدار مولیبدن برابر با ۸۳۴٫۴ گرم در تن در گمانه GOH.4 است. عیار میانگین مس در گمانه‌ها بین ۰٫۰۴ (گمانه GOH,1) تا ۰٫۱۳ درصد (گمانه GOH.4) و عیار میانگین مولیبدن گمانه‌ها بین ۴٫۵ (گمانه GOH.1) تا ۲۰٫۷ گرم در تن است (گمانه GOH.4). بر اساس بررسی لاگ‌ها، مقدار عناصر سرب و روی بسیار اندک و غیر اقتصادی است.

در بررسی گمانه‌ها، فراوانی مس با مولیبدن هم خوانی مشخصی ندارند و مقدار مس با افزایش عمق به طور ترجیحی کاهش می‌یابد (شکل‌های ۷ و ۸). چنان که در نمودارهای تغییرات عیار مس دیده می‌شود، گمانه GOH.1 یک روند ثابت را نشان می‌دهد و با افزایش عمق از مقدار عیار مس کاسته

می‌شود. گمانه‌های GOH.2 و GOH.3 یک حالت سینوسی را نشان می‌دهند ولی در کل، با افزایش عمق مقدار عیار مس کاهش یابد. گمانه GOH.4 یک روند ثابت را طی می‌کند و تعدادی قله در این نمودار دیده می‌شود که نشان دهنده رگه‌های غنی از مس است. گفتنی است که بهترین عیارها در این گمانه قرار دارند. تغییرات عیار مولیبدن نسبت به عمق از هیچ قانونی پیروی نمی‌کند و در گمانه‌ها تغییرات متفاوتی را نشان می‌دهد. از نظر کانی‌سازی، مس همراه با توده گرانودیوریتی و دیوریتی است. اختلاف مشخصی بین توده‌های دیوریتی و گرانودیوریتی در مقدار عیار مس و مولیبدن وجود ندارد و اغلب در ابتدای گمانه‌ها، مقدار عیار مس در هر دو توده بالاتر است. کانی سولفیدی غالب در هر دو توده نفوذی، پیریت و به مقدار کمتر کالکوپیریت است. با بررسی لاگ‌ها دیده می‌شود که پهنه‌های اکسیدی و برونزاد در گمانه‌های حفاری شده وجود ندارند و تنها پهنه درونزاد کم عیار در گمانه‌ها دیده می‌شود (جدول‌های ۳ و ۴).

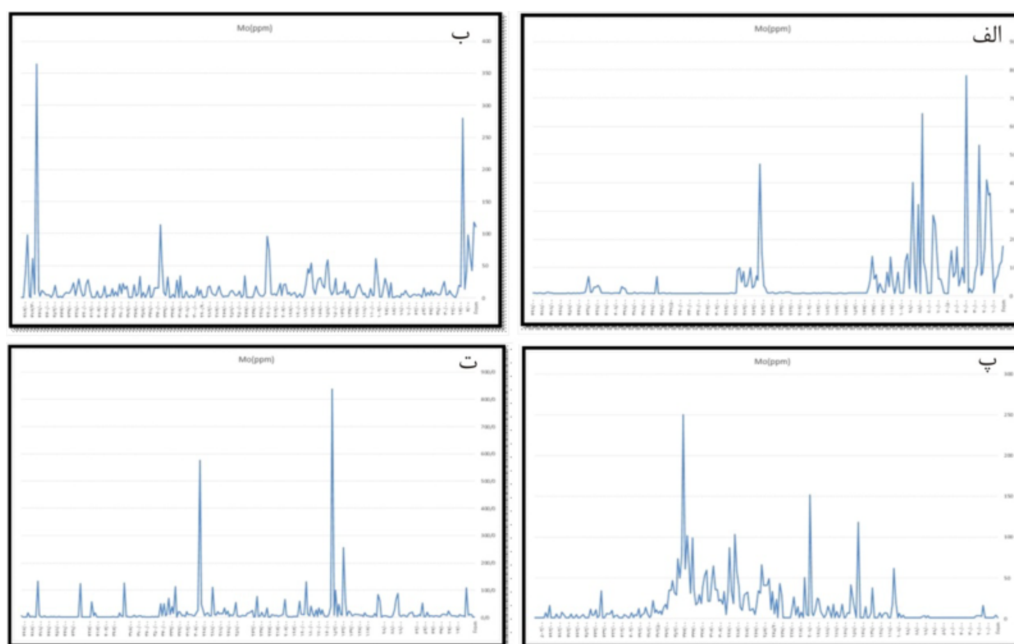
دگرسانی در منطقه گروه

در کانسارهای پورفیری، دگرسانی بیشتر به صورت منطقه‌بندی دیده می‌شود، در بخش بیرونی این کانسارها، پهنه پروپلیتی و در بخش میانی به ترتیب پهنه‌های آرژیلیک، فیلیک و پتاسیمی یافت می‌شود، البته بسته به نوع و سطح فرسایش به احتمال بسیار همه این پهنه‌های دگرسان در سطح زمین دیده نشوند. مناطق دگرسانی به‌طور معمول با کانی‌های مشخصی همراه هستند؛ در کانسارهای مس پورفیری مهم‌ترین این کانی‌ها عبارتند از کانی‌های رسی مانند کائولینیت و ایلیت، کانی‌های گروه اکسید آهن مانند گوتیت و هماتیت و نیز کوارتز- مگنتیت و گاهی کانی‌های کربناتی [۱۷]. در نهشته گروه به دلیل حجم بسیار و عملکرد گسترده سیال‌های دگرسان کننده، فرایندهای دگرسانی از اهمیت و گسترش قابل توجهی برخوردارند. از آنجا که ساختار سنگ در بیشتر سنگ‌های دگرسان این منطقه به خوبی حفظ شده است، بررسی مقاطع نازک در نمونه‌های برداشت شده از این واحدها، امکان تعیین شدت و نوع فرایند دگرسانی رخ داده برای آن‌ها را فراهم می‌نماید. در بررسی‌های سنگ‌نگاری، نمونه‌های مقطع نازک برداشت شده از این منطقه، افزون بر کانی‌شناسی و تعیین درصد کانی‌های اولیه و سنگ‌ساز به منظور تشخیص نام سنگ، توجه ویژه‌ای نیز به کانی‌های ثانویه و گسترش نسبی آنها شد.



شکل ۷ تغییرات عیار مس نسبت به عمق در گمانه الف: GOH.1 ب: GOH.2 پ: GOH.3 ت: GOH.4

[DOR: 20.1001.1.17263689.1399.28.2.12.4]
[DOI: 10.29252/ijcm.28.2.429]



شکل ۸ تغییرات عیار مولیبدن نسبت به عمق در گمانه‌های الف) GOH.1 ب) GOH.2 پ) GOH.3 و ت) GOH.4

درجه و شدت گسترش دگرسانی در واحدهای مختلف این منطقه متغیر است، به طوری که واحدهای آتشفشانی به شدت دچار فرایندهای دگرسانی شده‌اند، در حالی که واحدهای نفوذی به جز میکروگرانودیوریت پورفیری تقریبا بدون دگرسانی باقی مانده‌اند. نکته شاخص در بررسی‌های دگرسانی در این منطقه، ارتباط نوع دگرسانی رخ داده در یک واحد با نوع سنگ‌شناسی آن واحد است. تغییرات سنگ‌شناسی در یک واحد یا در واحدهای مختلف در این منطقه، هر نوع دگرسانی دیده شده نیز اثر گذاشته و همزمان با تغییرات نوع‌های سنگ-شناسی، نوع کانی‌های ثانویه و در پی آن نوع دگرسانی رخ داده نیز تغییر نموده است.

چنان که در بخش زمین‌شیمی بیان شد، در منطقه گروه ۴ گمانه به طول کلی ۲۰۰۷ متر توسط شرکت ملی صنایع مس ایران حفاری شده است. از این گمانه‌ها تعداد ۳۸ مقطع نازک برای بررسی‌های سنگ‌نگاری تهیه شد. بر این اساس، مهمترین فرایندهای دگرسانی قابل دیده در این منطقه شامل دگرسانی‌های پروپیلیتی (با گسترش بسیار)، فیلیک، کوارتز مگنتیت (پتاسیمی)،آرژیلیک (بسیار کم) هستند که در ادامه توضیح داده می‌شوند و نتایج آن به طور خلاصه در جدول ۴ آورده شده است.

دگرسانی پروپیلیتی

در کانسارهای مس پورفیری این پهنه از خارج پهنه‌های فیلیک، پتاسیمی و آرژیلیک را در بر می‌گیرد. این پهنه گسترش به نسبت بسیاری دارد و در کانسارهای بزرگ تا فاصله ۵ کیلومتری ذخیره یافت می‌شود. کانی‌های شاخص این پهنه عبارتند از کلریت، کربنات، اپیدوت، زئولیت، آلبیت و مونتموریلونیت. این دگرسانی به عنوان فراگیرترین پدیده دگرسانی در منطقه گروه شناخته می‌شود و با تغییر رنگ سنگ‌ها از خاکستری به سبز در سطح سوپرژن‌ها قابل مشاهده است. رخداد اصلی این دگرسانی در واحدهای آتشفشانی و شواهد کمی از آن در واحدهای نفوذی دیده می‌شود. این دگرسانی به صورت دو کمربند، شمال و جنوب منطقه را در برگرفته است و در بخش‌های مرکزی وجود ندارد. دگرسانی پروپیلیتی در واحدهای این منطقه به وسیله تبدیل‌شدگی پلاژیوکلاز به اپیدوت (شکل‌های ۹ الف، ب) و گسترش رگچه‌های کلسیتی (شکل ۹ پ) و به مقدار کمتر حضور کلریت و بیوتیت ثانویه قابل تشخیص است (شکل‌های ۹ ت و ث).

دگرسانی فیلیک

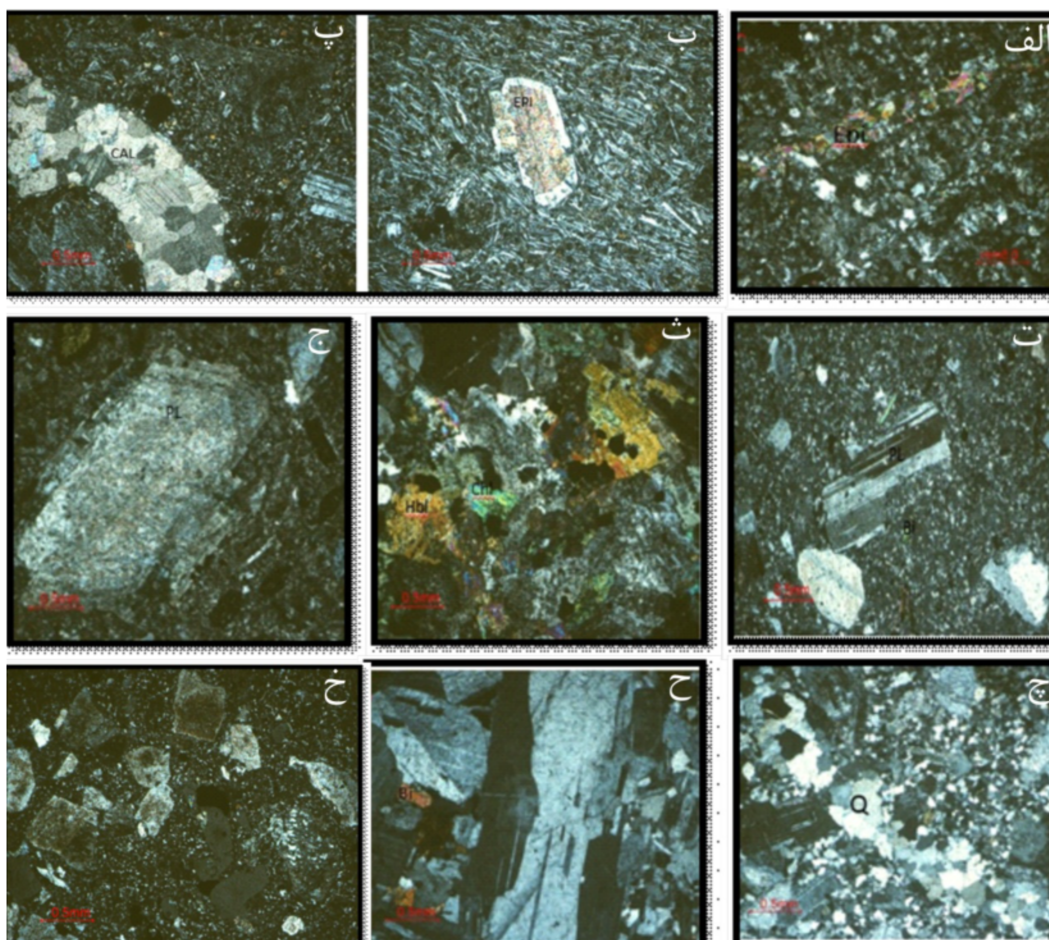
این پهنه بالای پهنه پتاسیمی قرار دارد. کانی‌های شاخص این دگرسانی شامل کوارتز، سریسیت و پیریت هستند. این دگرسانی در سراسر منطقه گروه به صورت محلی قابل دیده بوده و در نمونه دستی با لکه‌های روشن (قالب درشت بلورهای پلاژیوکلاز) نمایان است. بررسی گمانه‌های حفاری نشان می-دهد که این دگرسانی هم پوشی شدیدی با دگرسانی پتاسیمی دارد (جدول ۴). این دگرسانی در واحدهای آندزیت تا داسیت بسیار و در واحدهای آندزیتی و دیوریتی به مقدار کمتر دیده

[DOR: 20.1001.1.17263689.1399.28.2.12.4]
[DOI: 10.29252/ijcm.28.2.429]

می‌شود. در این پهنه، مقدار زیادی از پلاژیوکلازها به سریسیت دگرسان شده‌اند (شکل ۹ ج).

دگرسانی پتاسیمی

دگرسانی پتاسیمی در بخش مرکزی کانسارهای مس پورفیری واقع است. کانی‌های مشخصه این دگرسانی شامل ارتوز، بیوتیت و کوارتز هستند. کانی‌های کدر که همراه این دگرسانی یافت می‌شوند عبارتنداز مگنتیت، کالکوپیریت، بورنیت و پیریت. در منطقه گروه، حضور رگچه کوارتز – مگنتیت نشان‌دهنده دگرسانی پتاسیمی است (شکل ۹ چ). در سامانه‌های مس پورفیری با توجه به حضور کانی‌های ثانویه دما بالا چون بیوتیت، دگرسانی پتاسیمی از نظر موقعیت مکانی نزدیکترین واحد دگرسانی به استوک پورفیری است (شکل ۹ ح) و تا اندازه‌ای نیز در قسمت بالایی خود توده گسترش می‌یابد [۱۸، ۱۹]. این دگرسانی در منطقه گروه در واحد میکروگرانودیوریت پورفیری گسترش یافته است. این واحد در شمال شرقی منطقه قرار دارد و دارای شواهد کانی‌سازی مس به صورت مالاکیت و کالکوپیریت است [۲۰].



شکل ۹ الف) حضور رگه اپیدوت که نشان دهنده دگرسانی پروپیلیتی در دیوریت است. ب) دگرسانی پروپیلیتی در سنگ آندزیت بلورهای پلاژیوکلاز که به صورت ریزسنگ در متن سنگ حضور دارند، البته به صورت درشت بلور نیز بسیار کم وجود دارند که به اپیدوت تبدیل شده اند. پ) دگرسانی پروپلیتی در سنگ تراکی آندزیت و حضور رگچه کربناتی، ت دگرسانی پروپیلیتی در سنگ آندزی داسیت. بیشتر پلاژیوکلازها به صورت ریزسنگ و مقدار کمی به صورت درشت بلور وجود دارند و بیوتیت به صورت کانی فرعی دیده می شود، ث) دگرسانی پروپیلیتی و فیلیک در سنگ گرانودیوریت. کلریت های برآمده از کانی های مافیک نشان دهنده دگرسانی پروپیلیتی و سرسیستی شدن برخی از پلاژیوکلازها نشان دهنده دگرسانی فیلیک است. هورنبلندها نیز در بعضی قسمت ها به کلریت تبدیل شده اند.ج) دگرسانی فیلیک در آندزی داسیت. پلاژیوکلازهای بسیار بزرگ تا متوسط در سنگ حضور دارند که به کانی های رسی دگرسان شده اند. چ: دگرسانی پتاسیمی با حضور رگچه کوارتز – مگنتیت در میکروگرانودیوریت ح) مقطعی از گرانودیوریت با درشت بلورهای بسیار بزرگ پلاژیوکلاز و حضور بیوتیت ثانویه که نشان دهنده دگرسانی پتاسیمی است و خ) دگرسانی آرژیلیک در سنگ تراکی آندزیت، بلورهای پلاژیوکلاز و فلدسپار پتاسیم به کانی رسی تبدیل شده‌اند.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1399.28.2.12.4]
[DOI: 10.29252/ijcm.28.2.429]

دگرسانی آرژیلیک

این پهنه در قسمت بالایی پهنه فیلیک قرار دارد. این پهنه در اثر آب کافت شدید سیلیکات‌ها توسط آب‌های زیرزمینی اسیدی شکل می‌گیرد. کانی‌های شاخص این پهنه عبارتند از: کائولینیت، مونتموریلونیت، کربنات، سرسیت، پیریت و گاهی آلونیت. این دگرسانی با گسترش کانی‌های رسی در پلاژیوکلازها و فلدسپارهای پتاسیم قابل شناسایی است. این دگرسانی به مقدار بسیار کم در منطقه قابل دیده است و از گسترش چندانی برخوردار نبوده و تنها در واحد تراکی آندزیت قابل دیده است (شکل ۹ خ)

کانی سازی و توالی همبرزایی

در این منطقه دو نوع سنگ‌شناسی وابسته به کانی‌سازی مطرح و قابل بررسی است. با توجه به ماهیت حد واسط تا مافیک سنگ‌های آتشفشانی این منطقه، به نظر می‌رسد که حضور کانی‌سازی مس اولیه در این سنگ‌ها دیده شود. افزون بر این کانی‌سازی کم اهمیت که بیشتر به صورت آغشتگی سطحی مالاکیت در شکستگی‌های این سنگ‌های آتشفشانی دیده می‌شود، شواهدی از فازهای ثانویه بعدی از کانی‌سازی مس در این منطقه قابل دیده است که در اثر جایگزینی و تزریق توده‌های شبه آتشفشانی و توده‌های نفوذی در عمق بوده است. حضور این توده نفوذی و شبه آتشفشانی اگر چه منجر به فرایندهای دگرسانی به نسبت گسترده‌ای در این منطقه شده است، اما برای کانی سازی به این صورت عمل نکرده است؛ به طوری که گسترش کانی سازی در این منطقه در مقایسه با گستره کانی‌سازی شده کنار آن، یعنی بندر هنزا، از مقدار و شدت کمتری برخوردار است.

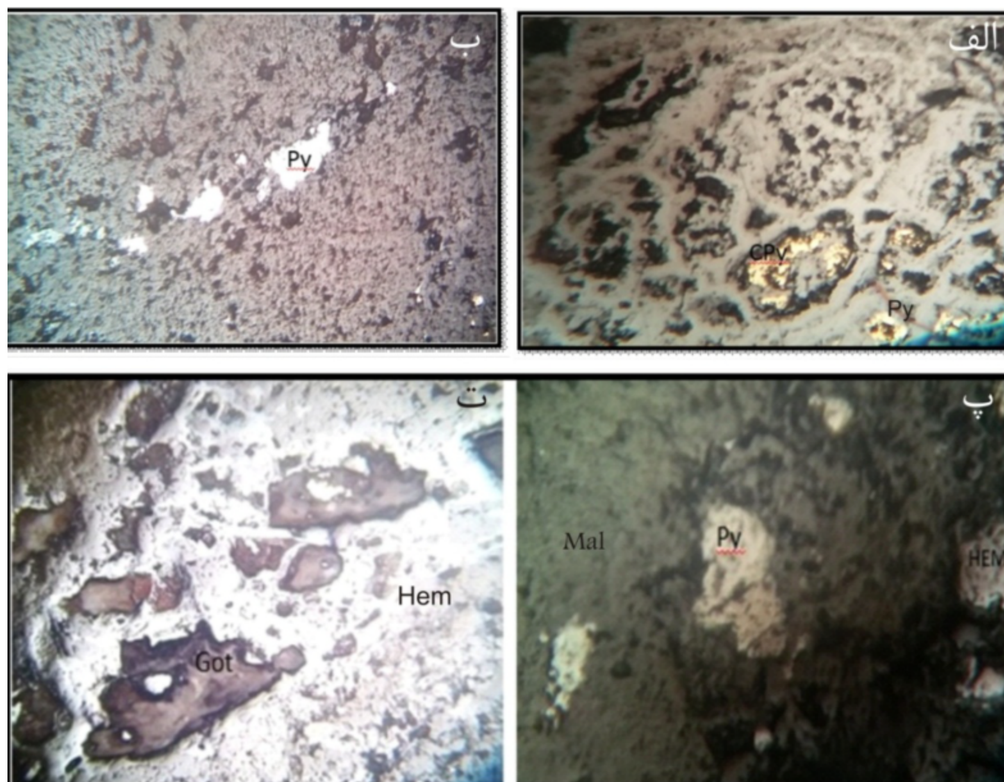
بررسی‌های صحرایی به همراه شواهد میکروسکوپی نشان می دهد که کانی سازی در منطقه اغلب در دو مرحله درونزد و سوپرژن به سه صورت سولفیدی، اکسیدی و کربناتی است (جدول ۵). کانی سازی درونزد در منطقه گروه به صورت داربستی دیده می‌شود. کانه‌های سولفیدی غالب در منطقه گروه شامل کالکوپیریت و پیریت هستند. کالکوپیریت کانی اصلی مس در منطقه است. این کانی فقط در بخش کوچکی از در شمال شرقی منطقه در واحد میکرو گرانودیوریت پورفیری یافت می‌شود. این کانی به صورت پراکنده در اندازه‌های کوچک و بزرگ دیده می‌شود. ارتباط ویژه‌ای بین پیریت و کالکوپیریت در این مقطع وجود ندارد و دانه‌های پیریت در کنار کالکوپیریت قرار گرفته‌اند (شکل ۱۰ الف). پیریت فراوان‌ترین کانی سولفیدی منطقه است. بر اساس بررسی‌های کانی‌نگاری، پیریت در بیشتر مقاطع به صورت مجزا در متن سنگ و در اندازه‌های کوچک تا بزرگ دیده می‌شود (شکل‌های ۱۰ ب، پ). با توجه به گسترش به نسبت قابل توجه واحد دگرسانی فیلیک در این منطقه و حضور پیریت ثانویه ناشی از دگرسانی به عنوان یکی از اجزای این نوع دگرسانی، انتظار می‌رود که حضور کانی‌سازی پیریت افشان و فاز اکسیدی و هیدروکسیدی ناشی از آن از گسترش چشمگیری برخوردار باشند که در عمل نیز چنین بوده است. عمده‌ترین کانه‌های اکسیدی منطقه گروه مگنتیت، هماتیت و گوتیت هستند. کانی مگنتیت در مقاطع اندک حضور دارد و به نظر می‌رسد که بیشتر بلورهای مگنتیت به هماتیت تبدیل شده‌اند. مهم‌ترین کانی کربناتی در نواحی اکسایشی منطقه گروه مالاکیت است که در واحدهای آتشفشانی منطقه گروه گسترش سطحی خوبی دارد. مالاکیت در شرایط سطحی و اکسایشی تشکیل می‌شود و حضور آن نشانگر وجود کانی‌های مس‌دار است (شکل ۱۱ پ). گوتیت از هیدروکسیدهای آهن است که اغلب از دگرسانی هماتیت شکل گرفته و در برخی از مقاطع به همراه هماتیت قابل دیده است (شکل ۱۰ت) .

شواهد نبود پهنه سوپرژن

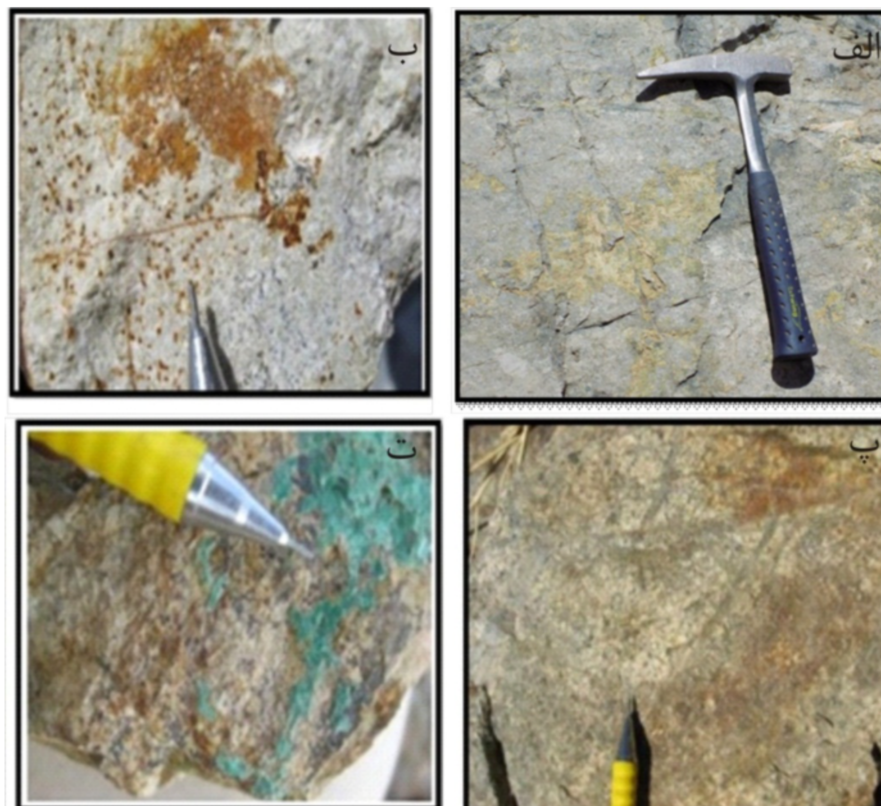
با توجه به الگوی دگرسانی - کانی سازی و توده‌های نفوذی در ارتباط با آن می‌توان نتیجه گرفت که مدل کانی‌سازی منطقه گروه از نوع مس پورفیری (مدل مونزونیتی) است. منطقه گروه از برخی نظرها قابل مقایسه با سایر ذخایر شناخته شده مس پورفیری در کمربند مس کرمان است؛ از جمله شباهت‌های آن می‌توان به وجود پهنه‌های دگرسانی پتاسیمی، فیلیک، آرژیلیک، پروپیلیتی و رخداد کانی‌سازی به صورت افشان و داربستی اشاره کرد. مهم‌ترین تفاوت آنها توزیع نامنظم دگرسانی‌هاست (گسترش بیش از حد دگرسانی پروپیلیتی و فیلیک نسبت به سایر دگرسانی‌ها) (شکل‌های ۱۱ الف و ب). چنان که بررسی‌های کانی شناسی و دگرسانی و بررسی مغزه-های حفاری نشان می‌دهد، کانی‌سازی در منطقه گروه تا حدی متفاوت از انواع دیگر پورفیری‌های موجود در کمربند مس کرمان است، چرا که بر خلاف ذخایری چون سرچشمه، میدوک و دره‌زار که شامل پهنه سوپرژن هستند [۱۸]، این پهنه در منطقه گروه گسترش چندانی ندارد و کانی‌سازی سولفیدی در عمق کمی از سطح زمین وجود دارد.کانی‌سازی مس در منطقه گروه اغلب ارتباط نزدیکی با دگرسانی پتاسیمی نشان می‌دهد.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1399.28.2.12.4]
[DOI: 10.29252/ijcm.28.2.429]

[DOR: 20.1001.1.17263689.1399.28.2.12.4]
[DOI: 10.29252/ijcm.28.2.429]



شکل۱۰ مقطع صیقلی الف) کالکوپیریت و پیریت، ب) پیریت، پ: پیریت، هماتیت و مالاگیت و ت) هماتیت و گوتیت



شکل۱۱ الف: دگرسانی پروپیلیتی با حضور اپیدوت، ب) واحد آندزیتی با دگرسانی فیلیک و کانی‌سازی پیریت و اکسید آهن، پ) واحد میکروگرانودیوریت پورفیری با ساخت داربستی و ت) واحد تراکی آندزیت با کانی‌سازی سطحی مالاکیت.

جدول ۵ مراحل تشکیل و توالی همبرزایی کانی‌ها در منطقه گروه

کانی ها		هیپوژن	سوپرژن	
			سولفید	اکسید
کانه	پیریت	ــــــــــ	- - -	
	کالکوپیریت	ــــــــــ		
	مگنتیت	ــــــــــ		
	هماتیت	- - -		ــــــــــ
	مالاکیت			ــــــــــ
	هیدروکسیدهای آهن			ــــــــــ
	گوتیت			ــــــــــ
باطله	کوارتز	ــــــــــ		
	فلدسپار	ــــــــــ		
	بیوتیت	ــــــــــ		
	اپیدوت	- - -		
	کلریت	- - -		
	سریسیت	- - -		
	کلسیت	- - -		

کانی‌سازی درونزاد در منطقه گروه به صورت داربستی دیده می‌شود (شکل ۱۱ پ). رخنمون دگرسانی پتاسیمی و پستی و بلندی شدید می‌تواند نشانگر اثر بالاآمدگی و فرسایش شدید منطقه باشد، که باعث انتقال مس به مناطق پایین دست شده است [۲۱]. در نتیجه این فرسایش، فرصت کافی برای شستشو و نهشت دوباره مس به صورت سوپرژن فراهم نشده است. از دلایل دیگر می‌توان به بالا بودن سطح آب زیرزمینی اشاره کرد که مس‌های شسته شده که به سطح آب زیرزمینی برخورد کرده‌اند به طور کامل احیا نشده‌اند و در نتیجه مس ته‌نشین نشده و غنی‌سازی برونزاد نیز رخ نداده است [۲۲-۲۴]. فراوانی گوتیت نشان‌دهنده نسبت پیریت به کالکوپیریت، کم درجه اسیدی پایین و مقدار سولفید کل پایین در سنگ میزبان مس پورفیری است و همه اینها شواهدی منفی برای غنی‌شدگی ثانویه سولفیدی هستند [۲۱]. به طور محلی آثار اکسایش کانه‌های سولفیدی اولیه به صورت آغشتگی سطحی مالاکیت در سطح و در راستای شکستگی‌ها دیده می‌شود که نشان‌دهنده نبود محلول اسیدی سوپرژن برای شستشوی کامل مس از بخش‌های بالایی و بازنهشت آن در زیر سفره آب است (شکل ۱۱ت) [۲۵]. بنابراین، پهنه سوپرژن در منطقه گروه، در مقایسه با اغلب پورفیری‌های شناخته شده در کمربند دهج – ساردوئیه گسترش ندارد. به طور خلاصه نبود پهنه سوپرژن و در نتیجه کمبود کانی‌سازی سطحی در منطقه را می‌توان به ناهمواری خشن و بالا بودن سطح آب زیرزمینی نسبت داد. ارتفاع منطقه از سطح دریا بسیار است و همچنین اختلاف ارتفاع (اختلاف بلندترین با کوتاه‌ترین نقطه) در منطقه ۶۵۴ متر است که این اختلاف ارتفاع نشان‌دهنده فرسایش زیاد است، این فرسایش باعث انتقال و شست و شوی مس شده است. رخنمون دگرسانی پتاسیمی در سطح نشان دهنده ناهمواری خشن، بالا آمدگی و فرسایش شدید است که باعث انتقال مس به مناطق پایین دست شده است. همچنین نبود پهنه سوپرژن را با بالا بودن سطح آب زیر زمینی می‌توان توجیه کرد. به علت بالا بودن سطح آب زیر زمینی مس به طور کامل احیا ته‌نشین نشده و این مس به همراه حرکت آب زیر زمینی منتقل شده و پهنه سوپرژن ایجاد نشده است. البته نبود پهنه سوپرژن می‌تواند به دلیل بالا آمدگی و فرسایش شدید نیز باشد. در نتیجه فرسایش، فرصت کافی برای شست و شو و نهشت دوباره مس به صورت سوپرژن فراهم نشده است.

برداشت

نتایج برآمده از بررسی‌های صحرایی و سنگ‌شناسی نشان می‌دهد که در منطقه گروه سنگ‌های آتشفشانی شامل آندزیت، آندزی – بازالت، تراکی آندزیت و آندزیت – داسیت است و کانه‌سازی در این واحدها به دلیل بالا بودن مقدار مس در

ماگمای اولیه، به صورت پوشش سطحی مالاکیت در سطح و شکستگی‌های این سنگ‌های آتشفشانی دیده می‌شود. واحدهای نفوذی شامل دیوریت، کوارتز دیوریت، گرانودیوریت و میکروگرانودیوریت پورفیری است و کانه‌زایی فقط در واحد میکروگرانودیوریت پورفیری در انتهای شمال شرقی منطقه به صورت داربستی وجود دارد. از نظر کانی‌سازی، عیار میانگین مس گمانه‌ها ۰/۰۴ تا ۰/۱۳ درصد و عیار میانگین مولیبدن آنها ۴/۵ تا ۲۰/۷ گرم در تن است. اختلاف مشخصی بین توده‌های دیوریتی و گرانودیوریتی در مقدار عیار مس و مولیبدن وجود ندارد و اغلب در ابتدای گمانه‌ها، مقدار عیار مس در هر دو توده بالاتر است. این کانی‌سازی به صورت درونزاد است و ارتباط نزدیکی با دگرسانی پتاسیمی نشان می‌دهد. پهنه‌های دگرسانی اصلی در کانسارهای مس پورفیری در نهشته معدنی گروه دیده می‌شوند. دگرسانی پروپیلیتی گسترش بسیاری دارد و پهنه‌های پتاسیمی، فیلیک و آرژیلیک دارای حجم کمتری هستند. رخنمون دگرسانی پتاسیمی و ناهمواری شدید می‌تواند بیانگر اثر بالاآمدگی و فرسایش شدید بر منطقه باشد که موجب گسترش نیافتن پهنه سوپرژن در منطقه گروه شده است.

قدردانی

این پژوهش با حمایت‌های مالی شرکت ملی صنایع مس ایران انجام گرفته است که نگارندگان کمال تشکر را از ایشان دارند.

مراجع

[1] Shafiei B., Haschke M. Shahabpour J., *"Recycline of orogenic arc crust triggers porphyry Cu mineralization in Kerman Cenozoic arc rocks south eastern Iran"*: Mineralization deposit 44(2009) 265 – 283.

[2]Dorany M., Moradeyan A., *"Geochemical and tectonomagmatic investigation of gabbros in southwest of Shahr-Babak, Kerman province (in Persian)"*, Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 1 (2007) 193-210.

[3]Alirezaie A., Alyani F., Moradian A., *"The study of petrography, geochemical characteristics and tectono magmatic setting of Meiduk porphyry copper deposit, Shahrebabak- Kerman (in Persian)"*, Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 3 (2012) 441-454.

[4] Mohebi A ., Behzadi M ., Mirnejad H., Taghizadeh H., *"Identifying Areas of Copper Porphyry Alteration Haloes in Hanza Mountain Located in South of Dehaj-Sarduiyeh Zone, using ASTER Data(in Persian) "*, Iranian Journal of Remote Sencing & GIS 2 (2013) 53-64.

[5]Ravankhah A., Moayyed m., Amini S., *"Studies of Geology , Petrology , Economic geology and Alteration zones in porphyry copper deposit of Dare-zar (south west of Kerman) (in Persian)"*, Iranian Journal of Geology 12 (2010) 63-76.

[6]Ahmadi moghdam P., Ahmadi pour H., *"Geochemistry and petrogenesis of the Cheheltan Mountain volcanic rocks; south-west of Bardsir (Kerman Province) (in Persian)"*, Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 1 (2014) 37-48.

[7] Taghipour N., Aftabi A., and Mathur R., *"Geology and Re-Os Geochronology of Mineralization of the Miduk Porphyry Copper Deposit"*, Resource Geology 2 (2008) 143–160.

[8]Chekanimoghadam M., Tahmasbi Z., Ahmadi Khalaji A., *"Mineralogy, geochemistry and origin of Baft northeast volcanic rocks (south Kerman): Evidence for volcanic arc magmatism in Uromieh-Dokhtar magmatic belt (in Persian)"*, Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 4 (2017) 743-760.

[9] Safiei B., *"Lead igneous rocks and porphyry copper deposit from the Kerman Cenozoic magmatic arc(SE Iran), and their magmatic – metallogenetic implications"*, ore geology reviews 23 (2010) 27-36.

[10] Dimitrijevic M. D., *"Geology of Kerman region", geology survey of Iran (1973).*

[11] Berberian, M; King, g . c. p., *"Toward a paleogeography and tectonic evolution of Iran"*, Earth science.18(1981) 215 – 265.

[12] Sahaabpour J., *"Tectonic evolution of the orogenic belt in the region located between Kerman and Neyriz",* Jornal of Asian Earth science 24 (2005) 405 – 417.

[13] Le Bas. M. J., Le Maitre W., Streckeisen A., Zanettin B., *"The classification of the volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram",* Journal of Petrology, 27 (1986) 745-750.

[14] Irvin T. N., Baragar W. R. A., *"A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks"*, Canadian. Jour. Eart. Sci., 8(1971)523-548.

[15] Chappell B.W., white A.J.R., *"Two contrasting granite types"*, Pasific Geol, 8 (1983) 173- 174.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1399.28.2.12.4]
[DOI: 10.29252/ijcm.28.2.429]

leached capping for estimation of supergene enrichment in porphyry copper deposits (in Persian)", Iranian Journal of Geology 10 (2010) 85-96.

[22] Asadi S., Moore F., Zarasvandi A., *"Discriminating productive and barren porphyry copper deposits in the southeastern part of the central Iranian volcano-plutonic belt, Kerman region, Iran",* A review. Earth-Science Reviews, 138 (2014) 25-46.

[23] Sillito R. H., "Supergene oxidized and enriched porphyry copper and related deposit", Economic Geology (2005), 723-768.

[24] Sillito R. H., *"Porphyry copper systems"*, Economic geology, 105(2010) 3-41.

[25] Hezarkhani A., Williams-Jones A. E., *"Controls of alteration and mineralization in the Sungun porphyry copper deposit, Iran: Evidence from fluid inclusion and stable isotopes",* Economic Geology, 93(1998) 651–670.

[16] Maniar P. D., Piccoli P. M., *"Tectonic discrimination of granitoids*", Geo. Soc. Am. Bull, 101(1989) 635-643.

[17] Ranjbar H., Shahriari H., *"Comparison of ETM+ and ASTER data for hydrothermal alteration mapping in the central part of the Dehaj-Sarduyeh belt, Kerman Province (in Persian)"*, Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 2 (2006) 367-382.

[18] Hezarkhani A*," Hydrothermal evolution of the Sar-Cheshmeh porphyry Cu–Mo deposit, Iran: evidence from fluid inclusions",* Journal of Asian Earth Sciences 28(2006) 409-422.

[19] McMillan W. J., Panteleyev A., *"Porphyry Copper Deposits, in Roberts, R.G, and Sheahan, P.A, (eds.)",* Geoscience Canada, Reprint Series 3(1986), 194.

[20] Sinclair W. D., *"Porphyry deposit, Mineral deposit of Canada",* Geological association of Canada special publication 5 (2007).223-243.

[21] Hosseinzadeh GH., Mouayed M., Esfehanpour R., *"Supergene processes in Sonajil porphyry copper deposit with respect to using of*